

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем

## Дослідження методів реконфігурації локальних електричних систем з ВДЕ

Виконав: студент 2 курсу ОППП магістра,  
групи ЕС-14м  
спеціальності

8.05070101 – Електричні станції

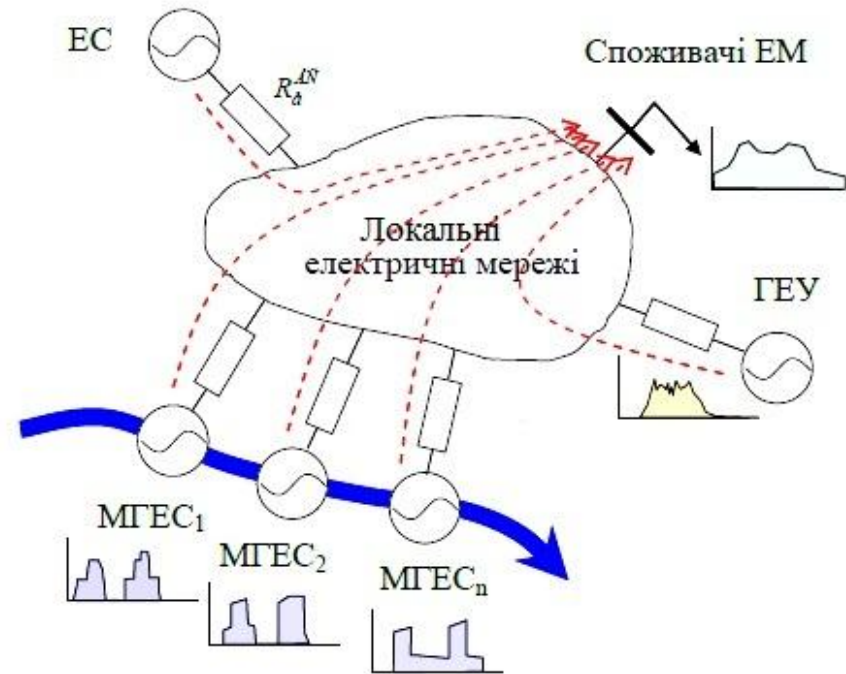
**Горбова Ю.Ю.**

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
Бурикін О. Б.

## Локальні електричні мережі з ВДЕ



Централізоване електропостачання  
від крупних електричних станцій



Локальні електричні мережі з  
відновлювальними джерелами  
енергії

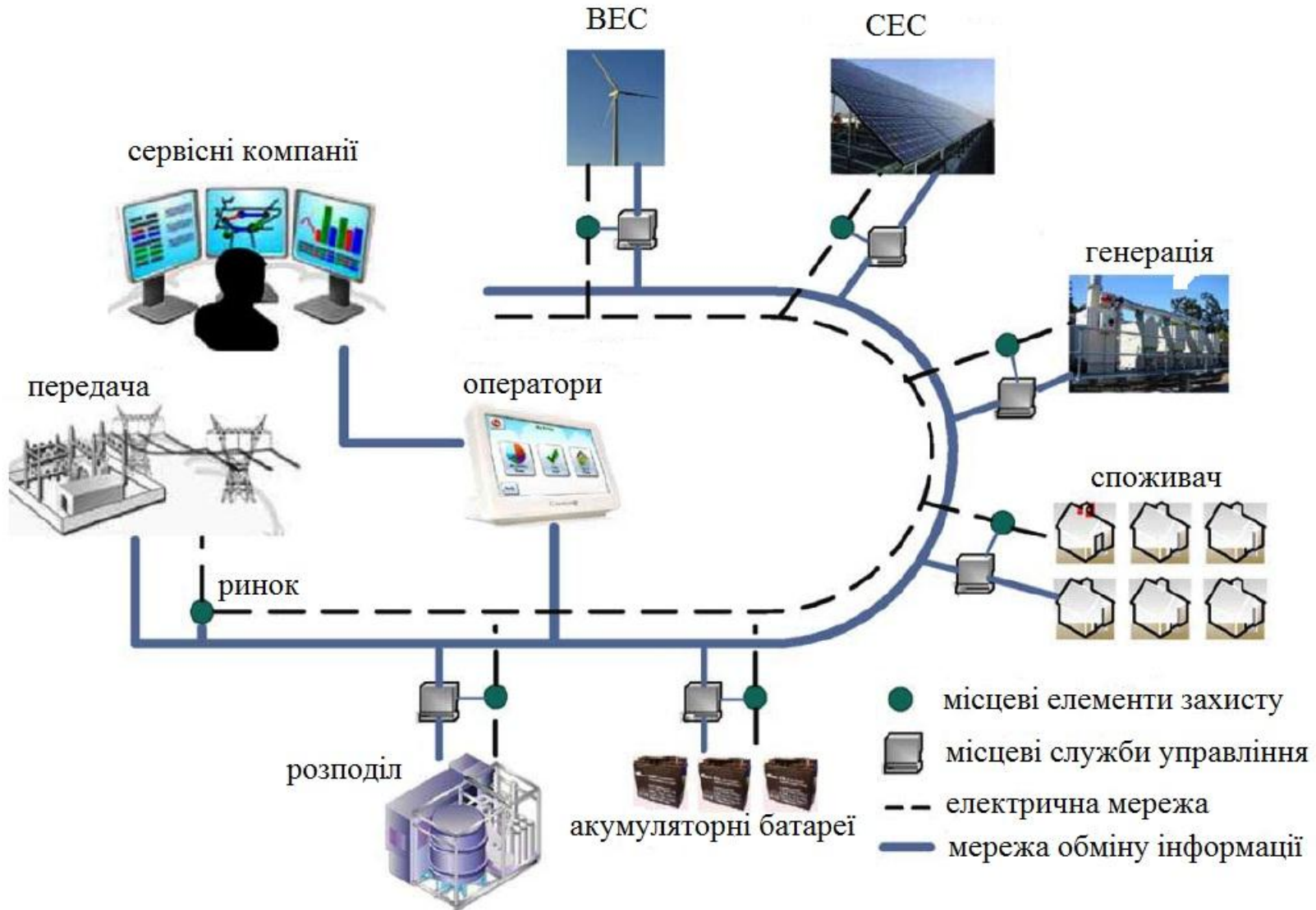
## Мета та основні задачі реконфігурації схем

**Метою роботи** Метою роботи є дослідження ефективності методів реконфігурації локальних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.

Основними задачами дослідження є такі:

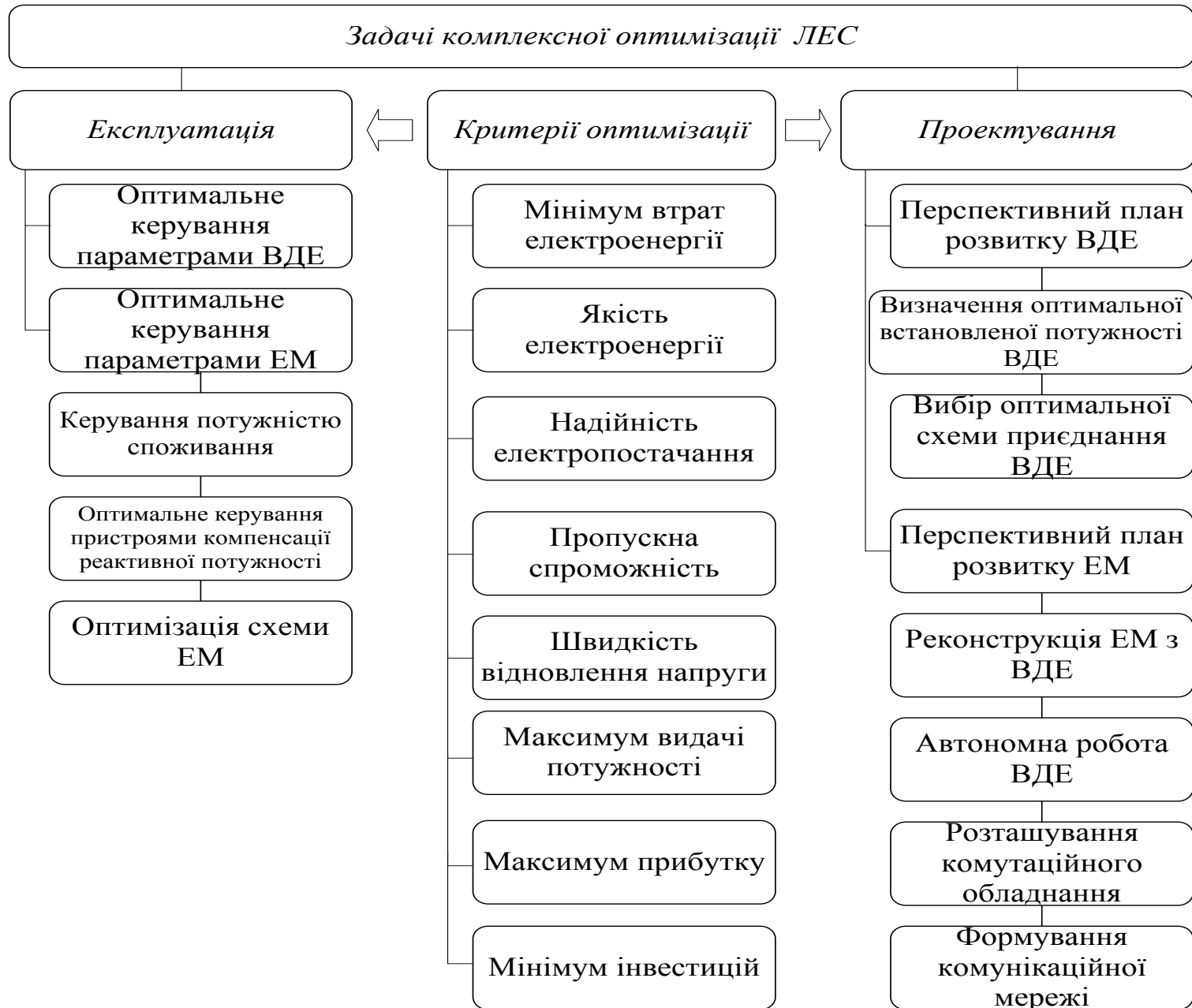
- аналіз проблем функціонування розподільних електричних мереж;
- аналіз відомих методів реконфігурації електричних мереж;
- дослідження методів оптимізації схем видачі потужності розосереджених джерел енергії у розподільних електричних системах за критерієм мінімуму втрат електроенергії у локальних електричних системах.

# Концептуальна модель енергосистеми Smart Grid



## Порівняльна характеристика показників якості електричної енергії

Показник	Вимоги відповідно до нормативного документу			
	IEEE 1547	ГОСТ 13109-97	Проект приєднання України	вимоги ВДЕ в Стандарти Німеччини
Відхилення частоти	Допустиме відхилення частоти в ВДЕ не повинне перевищувати в синхронізованих системах значення від -0,2 до +0,5Гц.	Відхилення частоти в синхронізованих системах електропостачання не повинне перевищувати $\pm 0,2$ Гц; в ізольованих системах електропостачання відхилення складає $\pm 1$ Гц.	Частота повинна знаходитись в діапазоні від 49,6 (гранично допустиме зниження частоти) до 50 Гц (нормально допустиме підвищення частоти).	Частота повинна знаходитись в діапазоні від 47,5(гранично допустиме зниження частоти) до 51,5 Гц
Гармоніки	Максимальна гармонічна складова струму складає 4% для непарних гармонік $n \leq 11$ .	Значення гармонічної складової напруги знаходиться в межах від 0,2 до 6% від $U_{ном}$ .	Значення гармонічної складової напруги знаходиться в межах від 0,2 до 6% від $U_{ном}$ .	Максимальна гармонічна складова струму складає 0,058 – 0,04%, для непарних гармонік 0,06 – 0,18. %
Відхилення напруги	Відхилення напруги на шинах ВДЕ в нормальних робочих умовах не повинне перевищувати значення від -12 до +10 %.	Нормально допустиме відхилення напруги – $\pm 5\%$ . Гранично допустиме – $\pm 10\%$ .	Нормально допустиме відхилення напруги – $\pm 5\%$ . Гранично допустиме – $\pm 10\%$ .	В електричних мережах відхилення напруги на шинах ВДЕ складає не більше 2%.



## Метод простого перебору віток при оптимальній реконфігурації локальної електричної системи

Основна ідея евристичного методу перебору віток полягає в обчисленні зміни втрат потужності від пари вимикачів, один з яких вимкнений, а інший ввімкнений. Метою наведеного методу є зниження втрат потужності. Перевагою є простота та легкість розуміння.

Недоліки:

- кінцева реконфігурація залежить від початкової реконфігурації;
- рішення є локальним, а не глобальним оптимумом;
- витрачається велика кількість часу для вибору та експлуатації кожної пари вимикачів, а також для обчислення відповідних поточкорозподілів радіальної мережі.

Представлена методика використовує два наближених поточкорозподіли для радіальних мереж з різним ступенем точності. Крім того, в методиці запропоновано алгебраїчні вирази, які дозволяють оцінити втрати для даної топології.

## Модель реконфігурації електричної мережі на основі розрахунку оптимального поточкорозподілу

Переваги цього методу:

- кінцева реконфігурація мережі не залежить від початкової топології мережі;
- швидкість обчислень значно швидша, ніж в методі простого перебору віток;
- проблема складного поєднання функціонування вимикача стає евристичною проблемою через щоразове розімкнення одного вимикача.

Недоліки методу:

- якщо є багато розімкнених вимикачів в мережі, то це означає, що розрахунок оптимального поточкорозподілу включає безліч контурів. Остаточне рішення не може бути оптимальним через взаємовплив контурів;
- коли поточкорозподіл обчислюється за допомогою методу еквівалентного струму, то він потребує обчислення матриці опорів це призводить до розрахунку навантаження;
- необхідно обчислити поточкорозподіл навантаження замкненої мережі двічі для кожної окремої операції вимикача (до та після його розімкнення).



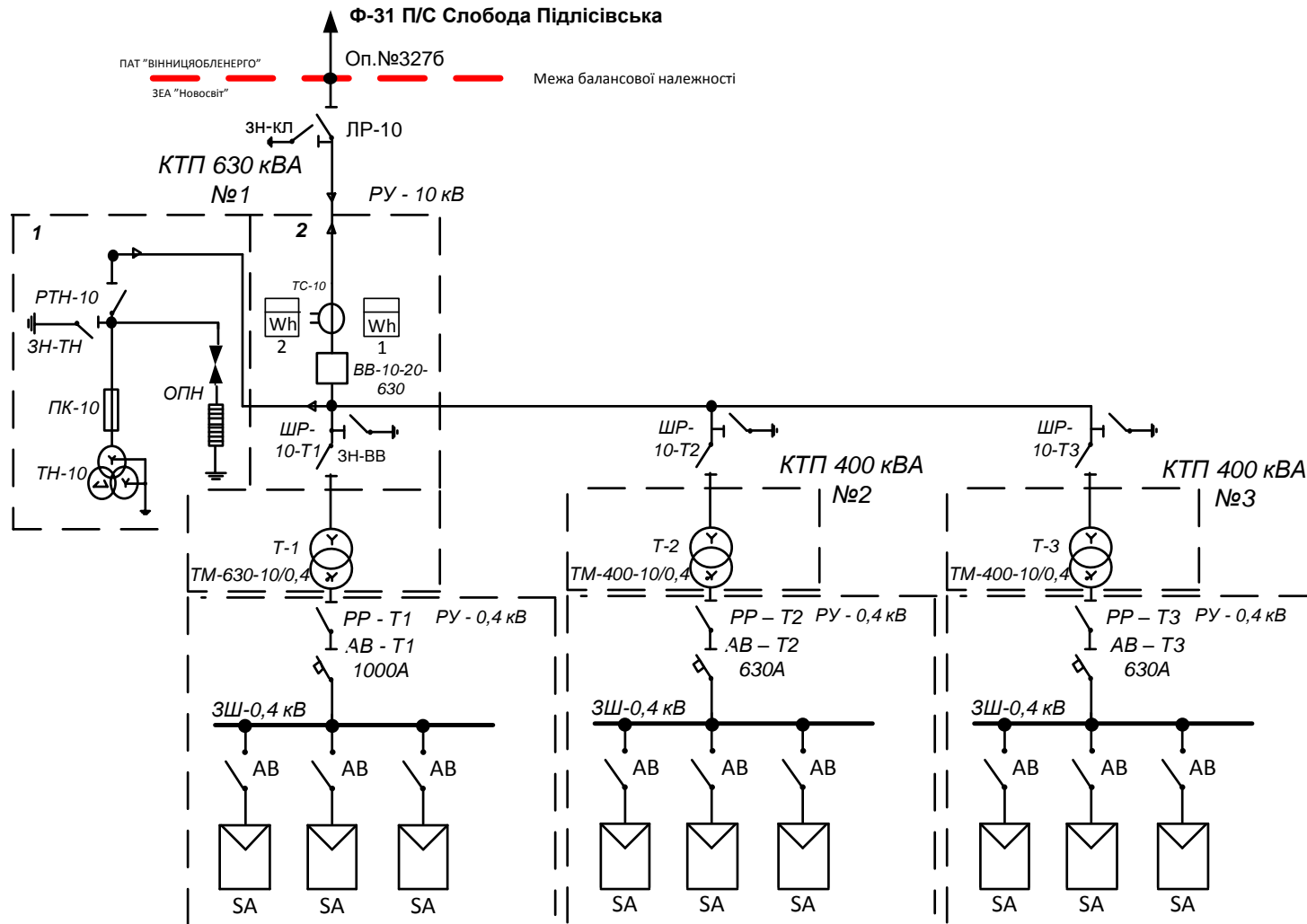
## Оптимізація режиму роботи неоднорідних мереж шляхом розмикання контурів

У замкненій електричній мережі розмикання кожного контуру приводить до деякої зміни економічного поточкорозподілу в замкнутій мережі, що залишилася. Найбільш сприятливі результати можуть бути отримані при виконанні розрахунків у такому порядку:

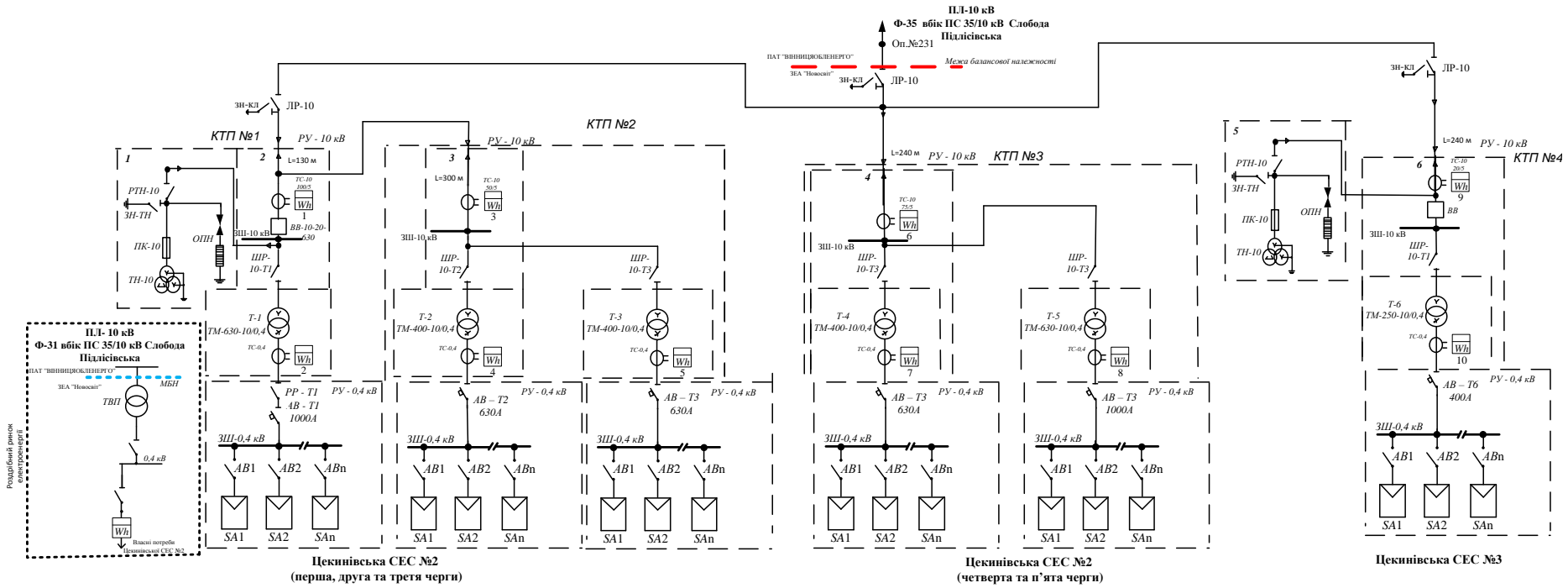
- 1) визначаємо поточкорозподіл, що відповідає повній r-схемі мережі;
- 2) знаходимо значення зрівнювальних економічних е.р.с. для всіх незалежних контурів мережі;
- 3) вибираємо лінію, яку варто розімкнути в контурі з найбільшою зрівнювальною е.р.с. Це повинна бути лінія, що підходить до точки струморозподілу і несе найменше навантаження.

Надалі розрахунки повторюються в такому ж порядку для замкнутої частини мережі, що залишилася, поки не виявляться розімкнутими всі контури мережі або поки не залишаться тільки контури з досить малими значеннями зрівнювальної е.р. с.

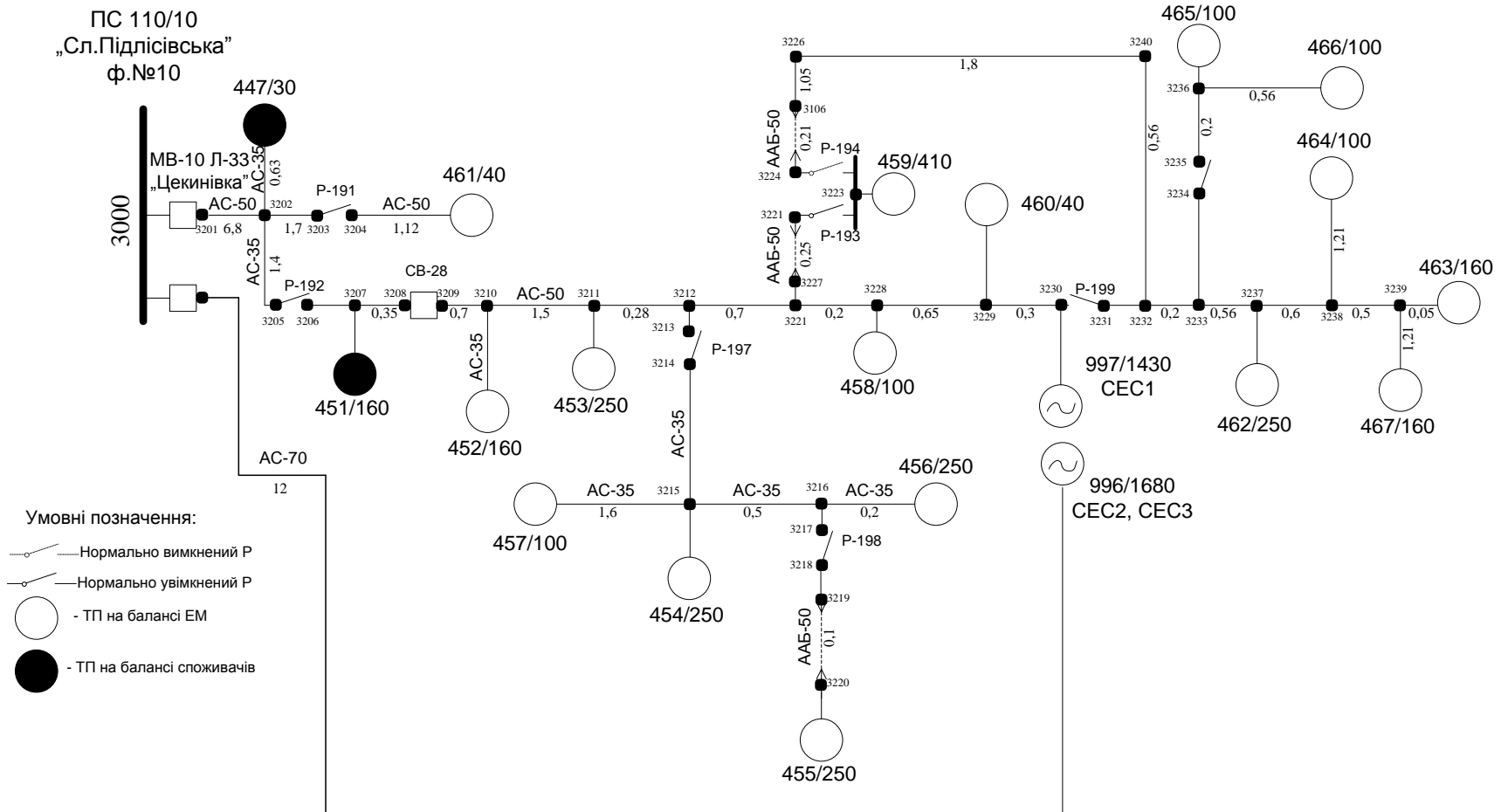
# Схема електричних з'єднань Цекинівської СЕС №1 ЗЕА «Новосвіт»



# Схема електричних з'єднань Цекинівської СЕС №2 та №3 ЗЕА «Новосвіт»



# ПС 35/10 «Сл.Підлісівська» ф.№31 та ф.№35



# Розрахунки з визначення оптимальної реконфігурації схеми 13

Розрахунки виконувались за допомогою програми "Втрати 10/0,4 кВ". Було введено інформацію про підстанції, проводи, роз'єднувачі, що дало можливість порахувати втрати в цілому по підстанціях та окремо по фідерах.

Програма аналізу ефективності функціонування електромереж 10(6)-0,4 кВ з розосередженим генеруванням "ВТРАТИ-10/0,4(РДЕ)" (Версія 7.08) - s

Файл Розрахунок Електроощадні заходи (ЕОЗ) Розосереджене генерування (РДЕ) База основного обладнання Сервіс ?

Аналіз схеми Розрахунок Результати Результати Вірогідність Тен

### Інформація про підстанції

Змінити інформацію Графік навантаження >

N шин	Назва	U, кВ	T, год	Wв, кВт год
1000	"Михайлівка"	10.50	24.0	
2000	"Ямпіль"	10.50	24.0	
3000	"Сл.Підлісівка"	10.50	24.0	

### Фідери п/ст "Сл.Підлісівка"

Змінити інформацію Редактор схеми фідера > Гра

N	Назва	I <sub>max</sub> , А	I <sub>ср</sub> , А	I <sub>min</sub> , А	Wв, кВт год
1	ф.№31		50.00		
2	ф.№33		50.00		

Редактор схеми фідера - Підстанція: "Сл.Підлісівка" Фідер: ф.№31

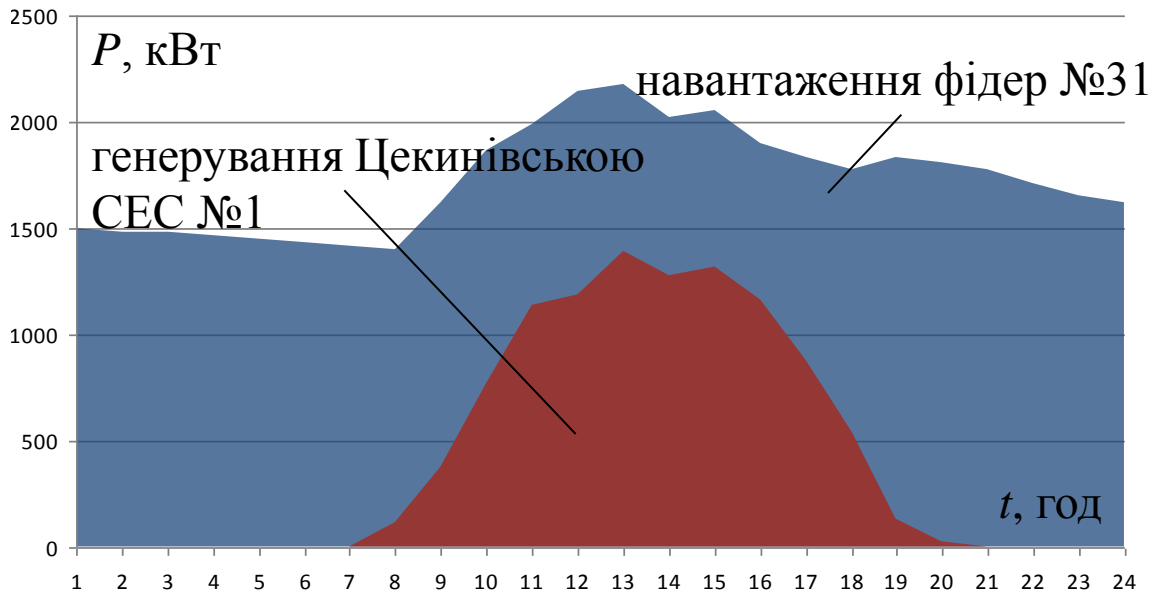
< Закінчити редагування <> Графік генерування РДЕ > Редактор схеми 0.4 кВ >  Автоматично фіксувати номери вузлів

### Інформація про вузли

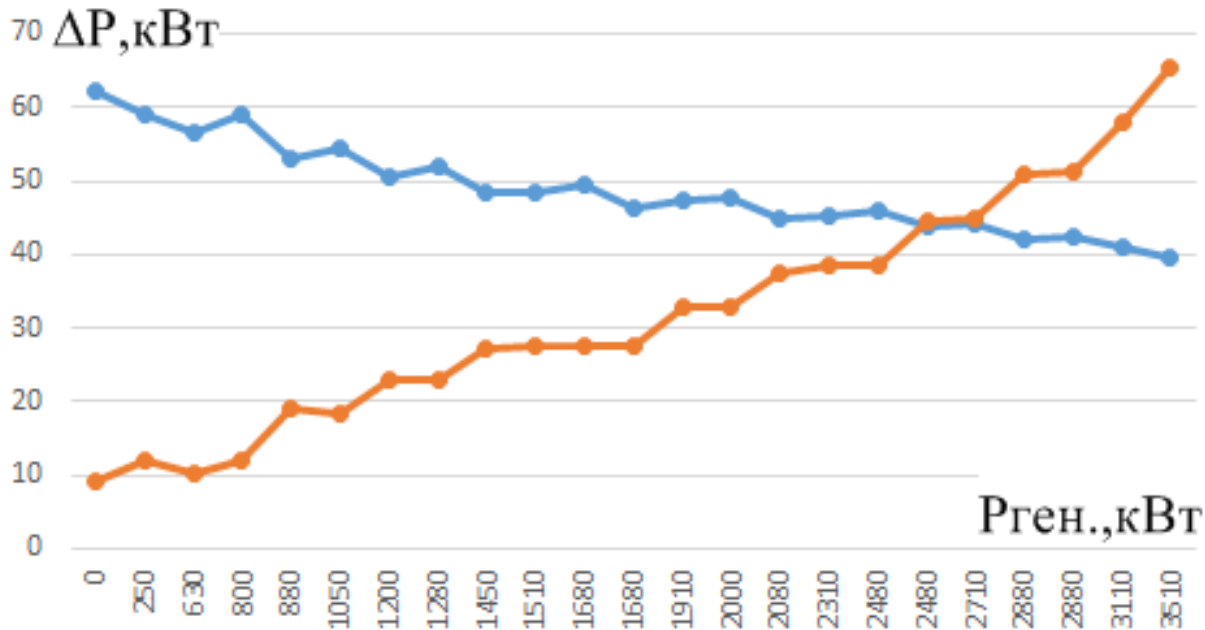
	N вузла	Назва ТП 10(6)/0,4 кВ	Тип тр-ра	Абон/ЕК	К тр.	К зав.
	54	462	ТМ-250/10		25.000	
	55	3238				
	56	464	ТМ-100/10		25.000	
	57	3239				
	58	463	ТМ-160/10		25.000	
	59	467	ТМ-160/10		25.000	
	60	9971	РДЕ_граф@	ТМ-400/10	25.000	0.100
	61	9972	РДЕ_граф@	ТМ-400/10	25.000	0.100
	62	9973	РДЕ_граф@	ТМ-630/10	25.000	0.100
	63	997				
	64	9974	РДЕ_граф@	ТМ-250/10	25.000	0.100
	65	9975	РДЕ_граф@	ТМ-400/10	25.000	0.100
	66	9976	РДЕ_граф@	ТМ-630/10	25.000	0.100
	67	9962	РДЕ_граф@Цекинівськ	ТМ-400/10	25.000	0.100
	68	9963	РДЕ_граф@Цекинівськ	ТМ-400/10	25.000	0.100

### Інформація про вітки

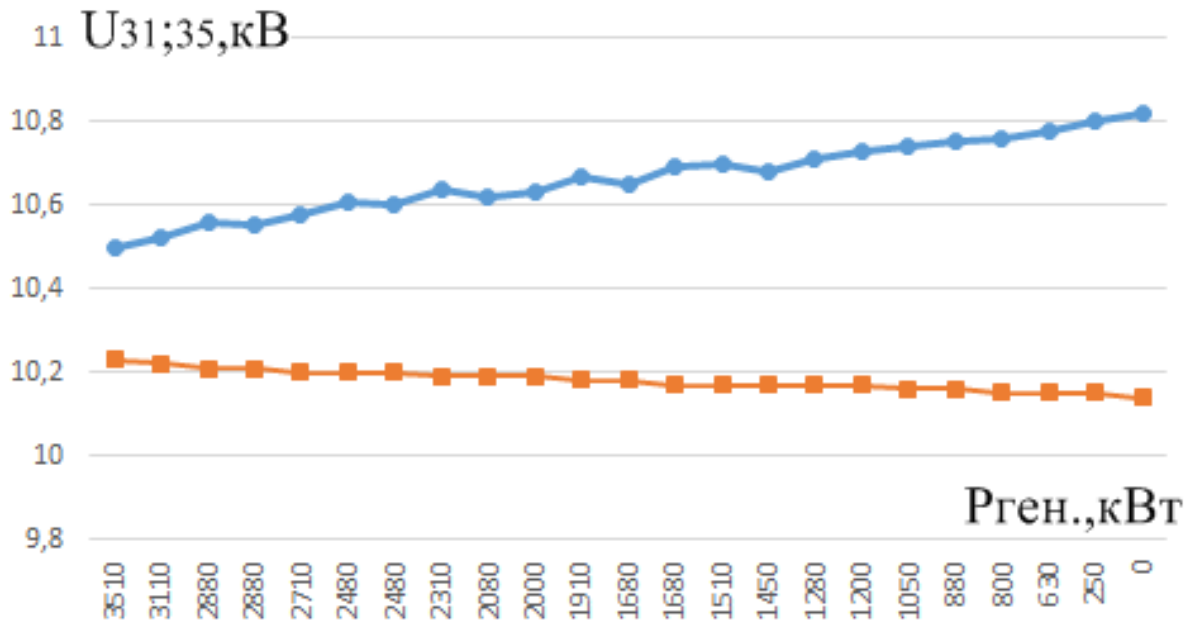
	Nпочат.	Nкінця	Тип	Марка/Назва	L,км/Ст.
	54	3237	462	ЛЕП АС-50	0.10
	55	3237	3238	ЛЕП АС-50	0.60
	56	3238	464	ЛЕП АС-50	0.84
	57	3238	3239	ЛЕП АС-50	0.50
	58	3239	463	ЛЕП АС-50	0.05
	59	3239	467	ЛЕП АС-50	0.04
	60	3230	997	ЛЕП АС-35	0.10
	61	996	9971	КА	Вкл.
	62	996	9972	КА	Вкл.
	63	996	9973	КА	Вкл.
	64	996	9974	КА	Вкл.
	65	996	9975	КА	Вкл.
	66	996	9976	КА	Вкл.
	67	996	9962	КА	Вкл.
	68	996	9963	КА	Вкл.



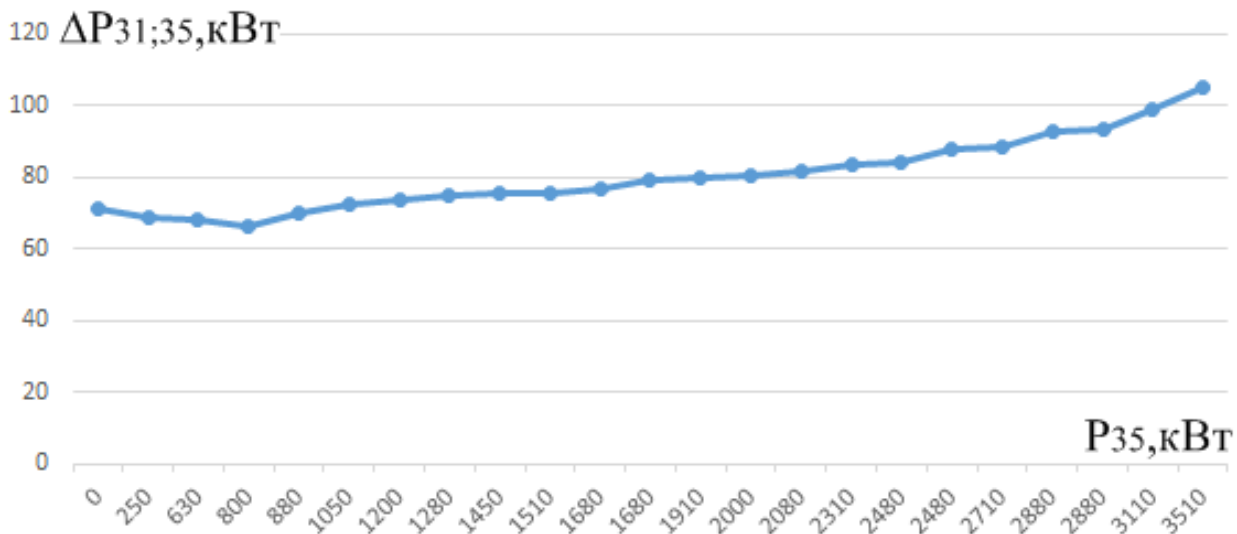
Співвідношення  
графіків видачі  
потужності  
Цекинівською СЕС  
№1 та навантаження  
фідер №31 у режимі  
максимальних  
навантажень



Графіки залежності втрат  
потужності  
і від генерування  
по ПС 35/10  
«Сл.Підлісівська»  
а)-ф.№31;б)-ф.35



Графіки залежності  
напруги  
на фідерах від  
генерування по ПС 35/10  
«Сл.Підлісівська» а)-  
ф.№31;б)-ф.35



Графік залежності втрат  
потужності на фідерах 31  
та 35 від генерування по  
ПС 35/10  
«Сл.Підлісівська»

## Наукова новизна

Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає в тому, що встановлено залежність втрат потужності, зумовлених перетоками відновлюваних джерел енергії, від схеми видачі їх потужності, що може бути використано для підвищення ефективності проектування локальних електричних систем і зменшення в них додаткових втрат електроенергії.



У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто проблеми функціонування локальних електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії, стан та загальну характеристику проблеми використання ВДЕ.

Основні результати досліджень є такими:

1. Оскільки збільшення кількості ВДЕ призводить до загострення технічних проблем з організації їх паралельної роботи в енергосистемі – забезпечення стійкості роботи, якості електроенергії, організації диспетчерського керування, у тому числі контролю відокремлення ВДЕ від енергосистеми, синхронізації ВДЕ з енергосистемою, то постає задача розробки єдиного стандарту. Цей стандарт буде регламентувати під'єднання на паралельну роботу ВДЕ в Україні з урахуванням стратегії розвитку електричних мереж та перспектив впровадження технологій концепції Smart Grid у національну електричну мережу. Перехід до єдиного стандарту розширить можливості застосування РДЕ та можливості споживачів, а також покращить взаємодію всіх суб'єктів енергосистеми в режимі реального часу.

2. Аналіз досвіду розв'язання ряду задач оптимізації локальних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії різних країн дозволив виконати систематизацію розглянутих задач та дослідити можливості їх комплексного застосування для оптимізації режимів локальних електричних систем. У якості критеріїв оптимізації режимів ЛЕС доцільно використовувати максимум прибутку від виробленої електричної енергії ВДЕ, з урахуванням їх впливу на роботу ЕМ.

3. Важливим в досягненні ефективного використання ВДЕ є правильний вибір конфігурації схем під'єднання в електричній мережі. Оптимізація схеми приєднання відновлюваних джерел електроенергії до електричної мережі зі співмірною сукупною потужністю навантаження повинна здійснюватися за результатами аналізу додаткових втрат потужності від генерування ВДЕ приєднаних на паралельну роботу у ЛЕС.

4. В результаті виконання розрахункового експерименту на прикладі Ямпільської розподільної електричної мережі визначено, що оптимальним є приєднання потужності 800 кВт до фідера №31 Слобода-Підлісівської підстанції. Збільшення встановленої потужності призводить до збільшення втрат потужності та погіршення якості напруги, що суперечить умовам видачі електроенергії.

•

**Доповідь завершено, дякую за увагу.**